R. UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
R. OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA

OMAGGIO

IMPERIAL MYCOLOGICAL INSTITUTE
AUG 1946

177

E. LUCCHETTI

Ulteriori ricerche sull'azione biologica dell'acido borico.

Estratto dagli ANNALI DELLA FACOLTÀ DI AGRARIA
NUOVA SERIE - VOLUME II - (XXX DALLA FONDAZIONE)
1939 - XVII

PISA, PREMIATO STABILIMENTO TIPOGRAFICO G. CURSI & FIGLI - 1939 XVII

E. LUCCHETTI

ULTERIORI RICERCHE SULL'AZIONE BIOLOGICA DEL-L'ACIDO BORICO.

RIASSUNTO – È stata studiata l'azione dell'acido borico sui microrganismi e sulle funzioni microbiochimiche del terreno, sulla germinazione dei semi di Frumento, sul primo sviluppo delle piantine, sull'attività enzimatica dei semi in germinazione e, infine, sulla sua efficacia come fertilizzante, trovandosi che per ciascuna delle azioni sopra citate vi è una concentrazione stimolante ed una concenzione tossica, talvolta fra loro molto vicine.

Conclude l'Autore che, in base ai reperti sperimentali ottenuti, sembrerebbe logico di supporre che il boro non esplichi azione di nutrizione, ma che si tratti di un veleno, capace di azione stimolante se somministrato in dosi appropriate.

RÉSUMÉ – On a étudié l'action de l'acide borique sur les microrganisme et sur les fonctions microbiochimiques du terrain, sur la germination des graines de blé, sur le premier développement des plantules, sur l'activité enzimatique des graines en germination et enfin sur son efficacité comme substance fertilisante. On a trouvé que pour chacune des actions sur-mentionnées il existe une concentration stimulante et une concentration toxique qui sont parfois bien voisines.

L'A. conclut qu'en se basant sur les données expérimentales qu'il a obtenues il paraît logique de supposer que le bore n'explique aucune action nutritive et qu'au contraire, il s'agit d'un poison capable d'exercer une action stimulante lorsque on l'administre par doses convenables.

ZUSAMMENFASSUNG – Es wird die Wirkung der Borsäure auf die Mikroorganismen sowie auf die mikrobiologischen Funktionen des Bodens, auf die Keimung der Getreidesamen, auf die erste Entwicklung der Pflänzchen, auf die Gärungsprozesse in den keimenden Samen untersucht und zuletzt festgestellt, wieweit die Borsäure die Fruchtbarkeit fördern kann. Es ergibt sich. dass jede der beschriebenen Wirkungen sowohl ein anregendes als auch ein vergiftendes Element enthält, die einander zuweilen sehr nahe stehen.

Der Verfasser kommt zu dem Schluss, dass man aus den Experimentalberichten folgern müsse, dass das Bor keine nährende Wirkung ausübt, sondern dass

es sich um ein Gift handelt, welches stimulierend wirken kann, wenn es in geeigneten Dosen angewandt wird.

SUMMARY – After studying the action of boric acid on micro-organisms and on the micro-biochemical functions of the soil, on the germinating of the seed of the wheat, on the first shoots of young plants, on the enzymological activity of the seeds in germination and finally on its efficacity as fertiliser, it was found that for each single action above specified, there is a stimulating concentration and a toxical concentration sometimes very nearly related the one to the other.

The Author concludes that relying on the experimental reports obtained, it seems logical to suppose that boron does not reveal food value, but is rather a poison capable of exercing a stimulating action if administered in appropriate doses.

Nel Laboratorio di Patologia Vegetale e Microbiologia di Pisa è stata iniziata una serie di pubblicazioni riguardanti l' azione biologica del boro con particolare riguardo all' acido borico. Si è cercato con questi studi di mettere meglio in luce le relazioni che legano la vita dei vegetali al boro, contenuto costantemente nelle loro ceneri, portando così agli studi biologici un contributo che acquista maggiore interesse in quanto sono state fatte ricerche anche nella zona di Larderello in cui la presenza del boro è costante e copiosa.

Con questa Nota si vuole aggiungere un nuovo contributo, riferendo osservazioni eseguite gradualmente sperimentando l' ac. borico sui microrganismi del terreno, sulla germinazione dei semi di frumento, sulla nascita delle piantine e loro sviluppo e, infine, sulla produzione quantitativa e qualitativa del seme.

A complemento delle notizie bibliografiche riportate da VERONA e SURIANI e da LUCHETTI si riassumono, intanto, i risultati ottenuti dai singoli Autori

MOREL fin dal 1892 aveva rilevato, in prove di germinazione, che il grano immerso per sei ore in una soluzione contenente circa 1000 mg./l. di acido borico non è più capace di germinare, e in se-

guito AGULHON mise in evidenza che la germinazione del grano può essere notevolmente ritardata immergendo i semi in soluzione di acido borico contenente 500 mg./l.; però le piante nate da questi semi hanno una colorazione giallastra mentre le radici sono in parte atrofizzate.

MORRIS (1931) trova invece che i semi di grano risentono beneficio sia nella germinazione che nell'accrescimento delle piantine adoperando 3-20 mg./l. di borato sodico, mentre l'acido borico produce lieve stimolo a concentrazione più bassa.

Per ciò che riguarda l'azione dell'acido borico sulla germinazione di altri semi WARINGTON (1932) rileva che il boro è velenoso alla fava nella concentrazione di 200 mg./l. nelle soluzioni nutritive e di 100 mg./l. nella terra, sia con ritardo della germinazione che con stentato sviluppo delle piantine con clorosi e macchie brune sulle foglie.

Nelle ricerche di BRENCHLEY e WARINGTON (1926) si mette in evidenza che piccole dosi di acido borico corrispondenti a 0,4 mg./l. di boro si comportano come stimolanti la germinazione della *Vicia faba*. L'orzo è molto sensibile ai trattamenti di acido borico tanto che lo stesso WARINGTON (1923) rileva che già alla concentrazione di 0,4 mg /l., nelle soluzioni nutritive, ritarda la germinabilità e produce alterazioni sulle foglie e ritardi di maturazione dei semi.

SCHMUCKER della stazione botanica di Gottinga trova che per fare germogliare i granuli di polline di certe rose è necessario aggiungere al liquido artificiale piccole quantità di ac. borico. Si può dire che questa è la prima volta, nella sperimentazione del boro in Agricoltura, che questo elemento è stato riconosciuto d'importanza assoluta dal punto di vista fisiologico.

È di grande interesse il fatto che il boro si presenta più o meno tollerato secondo la forma di combinazione e secondo la natura del mezzo in cui si sviluppano le piante. Rilievi, in tale senso, erano stati fatti dall'AGULHON fin dal 1910, ed hanno trovato conferma

nelle ricerche del BRENCLEY (1927) il quale afferma che la tossicità dell'ac. borico nelle soluzioni nutritive è maggiore, a pari concentrazioni, che non nella sabbia e nel terreno e la sua tossicità diminuisce ancora per una probabile reazione fra calce e ac. borico per formazione di borato di calcio meno attivo; ed è diversa a pari concentrazione, fra ac. borico e borato sodico. Anche COLLINGS (1927), sperimentando su semi di Soia, riscontra diversa azione dell' acido borico e borato sodico se vengono adoperati in sabbia o in terra.

Sulla necessità o meno del boro per lo svilnppo normale dei vegetali non si hanno concordi notizie. Certo che, con l' aumentare delle segnalazioni sulla presenza di questo elemento nei vegetali, sono state condotte molte ricerche, ma il problema non è stato ancora completamente chiarito e merita ulteriori studi.

Tuttavia va segnalato che MAZÉ (1919), arriva a concludere che il boro non solo è utile al normale sviluppo del Mais ma la sua assenza si renderebbe evidente, con alterazioni, fin dal primo stadio di sviluppo delle piantine. WARINGTON (1923) è arrivato alla conclusione che il Trifoglio e la Fava hanno bisogno di boro; e BRENCHLEY e THOMTON (1925) lo ritengono indispensabile per lo sviluppo dei tubercoli sulle radici di *Vicia faba*.

In seguito BRENCHLEY e WARINGTON (1926) rilevano che nella *Vicia faba* cresciuta in liquidi nutritivi privi di boro ad un certo periodo di sviluppo si nota l' appassirsi prima dell' apice vegetativo e poi delle gemme floreali con caratteristico imbrunimento dei tessuti. BRENCHLEY (1927), che ha sperimentato la Soia, la Medica, il Trifoglio, la Fava, con o senza boro, riferisce che in assenza di questo si nota la disorganizzazione dei tessuti meristematici, mentre rileva che il Pisello e la maggior parte dei Cereali arrivano a completo sviluppo anche in assenza di boro.

Dalle laboriose esperienze di SOMMER e LIPMANN (1926) i bisogni di boro per l'Orzo, il Girasole, il Lino, il Ricino, la Senape, si renderebbero evidenti fin dalle prime settimane di sviluppo delle piantine

mentre sono a loro bastevoli piccole dosi di boro come 0,5 mg./l. Il Tabacco è anch' esso esigente di boro, SWANBAK (1927) e MAC MURTREY (1929) rilevano, in assenza, alterazioni apicali notevoli. E anche il Pomodoro presenta, secondo JOHNSTON e DORE (1928-29), eguale alterazione all' apice vegetativo, disorganizzazione dei tessuti arresto nello sviluppo delle radici se cresciuto in assenza di tale elemento.

La quantità richiesta per il Pomodoro è minima, tra 0,5-5 mg./l., come trovano JOHNSTON e FISCHER (1930) i quali osservano anche che la presenza di boro è indispensabile per l' allegagione dei frutti

GILBERT e PEMPER (1931) allevarono in soluzione nutritiva il Trifoglio pratense: anche questa pianta è molto sensibile alla mancanza di boro sì da risentirne dopo qualche settimana, mentre sono sufficenti 1-2 mg./l. per il suo normale sviluppo. Anche la Lattuga secondo MAC HARGUE e COLFER (1932-1933) ha bisogno di 0,5-1 mg./l. di boro senza di che si rilevano imbrunimenti negli apici vegetativi e fogliari.

Da quanto è stato esposto è logico arguire che il boro è indispensabile per il normale sviluppo della maggior parte delle piante senza di che si verificherebbero speciali alterazioni che vanno dalla degenerazione e ipertrofia dei tessuti apicali ad alterazioni dei tessuti fogliari e all' inibizione dell' allegagione dei frutti.

Però il boro differisce dagli elementi finora ritenuti indispensabili alla nutrizione delle piante, principalmente per il diverso modo di comportarsi secondo le dosi somministrate, cioè, mentre in dosi minimali si dimostra indispensabile allo sviluppo, in dosi alquanto maggiori le piante presenterebbero segni di intossicamento evidente. E fin anche il modo di somministrazione sembra influire sui risultati dello sviluppo vegetativo (CONNER e FERGUS 1920, BRENCHLEY 1927). Della tossicità del boro adoperato in eccesso riferiscono quasi tutti gli sperimentatori citati e in particolare PELIGOT (1876) per i fagiuoli, HOTTER (1890) per la Soia e il Pisello adoperando dosi di 50 mg./l. per la prima e 100 per il secondo; MOREL (1892) per il Grano con

dosi di 1000 mg./l., AGULHON (1910) per il Grano, Avena, Ravanello con dosi di 5-20 mg./l., BRENCHLEY (1914) per l'Orzo con dosi di 6 mg./l., WARINGTON (1926) per la Fava con dosi di 100-200 mg./l., SWANBAK (1927) per il Tabacco con dosi di 60 mg./l., HAAS (1929) per i Limoni e Aranci con dosi di 6 mg./l., D'ANCONA (1934) per il Grano, Granturco, Barbabietola.

La maggior parte dei ricercatori citati ha fatto uso di prove in vaso, ma ad eguale risultato sono giunti altri, con prove eseguite direttamente sul campo.

La proprietà particolarmente interessante che dovrebbe svolgere questo elemento sulla vegetazione è, secondo i numerosi cultori, lo stimolo a migliore sviluppo dei vegetali. Tale azione si svolgerebbe con dose di ac. borico lievemente inferiore alla quantità tossica ed in quantità maggiore alla dose necessaria ad evitare alterazioni per boro-carenza.

Particolari osservazioni in tale senso sono state fatte da BECHI (1891) e in seguito da NAKAMURA (1903) i quali rilevano benefica azione dalla aggiunta di ac. borico alla Saggina, Pisello, Spinacio, con aumento di peso rispetto al controllo. Ricerche più accurate sono state svolte da AGULHON (1910-1912), sperimentando l' Avena, il Frumento, il Mais e il Colza con risultati veramente sorprendenti. Egli trova che l' aumento utile è proporzionale alla dose di ac. borico adoperato, tanto che l'andamento della produzione può essere rappresentato da una curva il cui ramo ascendente rappresenta gli aumenti di produzione con l' aumentare delle dosi di ac. borico stimolante. Il ramo discendente rappresenta la diminuzione di produzione con l' aumentare delle dosi tossiche.

Gli incrementi che l' AGULHON rileva in pieno campo sono veramente suggestivi: 61 % di peso fresco per il Mais, 48 % per l'Avena, il 60 % per il Colza facendo uso di soluzioni contenenti 1 mg./l. di boro.

La *Vicia faba*, l' Orzo, l'Avena, la Segale si avvantaggiano nella

stessa misura con somministrazioni di ac. borico (BRENCHLEY), per quanto meno delle altre piante. Dai lavori del COLLINGS, risulta che l'ac. borico stimola la crescita e l'aumento in peso secco della Soia, però determina sempre sulle foglie sintomi di tossicità. Ultimamente SWANBACK (1927), e MAC MURTREY (1929), lo segnalano come ottimo stimolante nella cultura del Trifoglio con accrescimento migliore e più rapido del fusto e delle radici, e EATON (1932) per il Cotone con uguale risultato.

Ancora più interessanti sono poi le ricerche del BRANDENBURG (1932), BOBKO e BELVOUSSOV (1933), KAUFMANN (1934) che, concimando con ac. borico le Barbabietole, raccolsero il 35 % in più di radici con una maggiore percentuale di zucchero del 2 %, e anche D'ANCONA (1934), da esperienze in pieno campo, rileva aumento quantitativo e migliore qualità di radici, facendo uso di ac. borico.

Non mancano risultati negativi (MEZZADROLI, ZAPPAROLI, MUNERATI, GALLI ed altri) tanto che MUNERATI scrisse che, allo stato attuale delle ricerche, sarebbe errato consigliare l'uso dei composti di boro come stimolanti.

I PARTE SPERIMENTALE

INFLUENZA DELL'ACIDO BORICO SUI MICRORGANISMI DEL TERRENO.

Seguendo le norme dettate nella "*Tecnica di Biologia Vegetale*" del PEROTTI si è proceduto ad eseguire alcuni saggi su un campione di terra prelevato in un appezzamento sito a Ricciano (Pescia).

All'analisi esso risultò così costituito:

Analisi Meccanica.

Scheletro	0,70 %	Terra fina	99.30 %
Sabbia fina	40.80 %	Argilla fina	20,10 %
Sabbia finissima	30,90 %	Argilla finissima	8,20 %

Saggi sulla terra fina seccata all' aria.

Reazione pH	6,8 %	Sostanze organiche	8,12 %
Acqua igroscopica	6,15 %	Azoto	0,14 %
Humus	2,95 %	Carbonato di calcio	0,90 %

Analisi chimica (delle sostanze solubili in HCl bollente).

Ossido di alluminio	7,15 %	Ossido di sodio	0,39 %
» di ferro	3,41 %	Anidride silicica	0,25 %
» di calcio	0,72 %	id. solforica	0,25 %
» di magnesio	0,12 %	id. fosforica	0,22 %
» di potassio	0,21 %		
Cloruri	tr.	Sost. solub. in H_2O	0,08 %

Si tratta di un terreno di trasporto di media scioltezza, poco ricco di elementi fertilizzanti e con pH. 6,8 dovuto al continuo dilavamento meteorico. Il carbonato di calcio è modestamente rappresentato e la quantità di sostanza organica, che molto contribuisce allo sviluppo microrganico, è compresa nella media dei buoni terreni italiani.

Quindi ci siamo accertati delle proprietà microbiche del campione e dell'azione che eventualmente ha l'aggiunta di ac. borico, allestendo alcune prove sulla numerazione dei germi in esso contenuti e con la determinazione dell' intensità della produzione di anidride carbonica.

In seguito si sono rilevate le misure delle principali funzioni microbiochimiche del terreno, e del terreno addizionato di ac. borico, e propriamente: fissazione dell'azoto elementare, ammonizzazione nitrificazione, denitrificazione e dissoluzione dei composti minerali. Infine si sono paragonati i risultati che riferiamo qui appresso.

Azione dell' acido borico su culture brute di germi.

Questa prova è stata eseguita adoperando l' acido borico in diverse concentrazioni, corrispondenti a mg. 0,10 - 1,00 - 100,00 -

500,00 per litro di soluzione nutritiva. Queste furono distribuite in Erlenmeier da 500 cc., mentre furono lasciate alcune beute senza aggiunta di ac. borico per il controllo.

La soluzione nutritiva era così composta;

acqua	1000	cloruro sodico	tracce
tartrato ammon.	2	solfato potassico	
glucosio	5	cloruro di calce	
fosfato bipotassico	0.5		

In tutte le bevute fu inoculato 1/2 cc. dello stemperamento acquoso in parti eguali della terra di campo di cui abbiamo illustrato la composizione. Dopo aver coltivato a 25 gradi, al 5°, 10°, 20°, 30°, 40° giorno, furono allestite piastre all' agar-fagiuoli e contate le colonie sviluppatesi.

	Colture	Migliaia di germi in un cc. di liquido di coltura				
		5° giorno	10° giorno	20° giorno	30° giorno	40° giorno
1	Controllo	150	370	470	510	790
2	mg. 0,10	150	350	460	520	760
3	„ 1	160	350	390	500	780
4	„ 10	140	370	420	530	720
5	„ 100	130	310	390	470	720
6	„ 500	98	210	320	430	510

L'acido borico nella concentrazione minimale di 0,10 - 1,00 mg./l, non influenza affatto lo sviluppo microrganico, nè a dosi maggiori si potè constatare un effetto utile : bisogna arrivare ad alte concentrazioni 100,00 - 500,00 mg./l. per notare un principio di diminuzione di

forme. I microrganismi del suolo presentano quindi una grande adattabilità all' acido borico e le quantità somministrate al terreno dai vari sperimentatori, come concime ai vegetali superiori, anche considerando le dosi più alte, non possono avere assolutamente causato la diminuzione della flora batterica del terreno agrario.

Si ripetè l'indagine, con le precedenti modalità, adoperando dosi alquanto inferiori alla dose nociva, sperando di poter cogliere l'eventuale concentrazione favorevole che dovrebbe essere fra la dose minimale necessaria (qualora vi sia) e la dose tossica. I reperti ci hanno però confermato i risultati precedenti.

Influenza dell'ac. borico sull'intensità respiratoria dei microrganismi.

Tale esperienza si fece in triplo, adottando bevute da 500 cc. con 250 cc. del liquido colturale, formato da acqua distillata 1000, glucosio 40, peptone 1, inoculato con gr. 20 della terra in esame. Le bevute erano chiuse da un tappo a due fori da uno dei quali penetrava un tubo di vetro pescante nel liquido e esternamente unito ad una bottiglia di lavaggio con KOH al 20 %, dall'altro foro del tappo passava un tubo corto unito all'estremità esterna ad un tubo ad U con $CaCl_2$ affine di assorbire l'umidità e poi ad una bolla di Liebig contenente una soluzione al 10 % di KOH, per fissarvi l'anidride carbonica che si sviluppava dalla fermentazione.

L'intensità respiratoria cumulativa dei microrganismi del suolo, o meglio l'intensità di fermentazione propria del campione di terra in esame, è stata dedotta dalla quantità di anidride carbonica fissatasi nella soluzione di KOH (dopo avere accuratamente fatto fissare anche la CO_2 contenuta nel recipiente e nella soluzione scacciandola mediante corrente d' aria priva di quella) dopo 5, 10, 15 giorni di coltura a 25°.

Nella Tabella seguente sono riportate le medie dei risultati:

Gr. di CO_2 svolta dopo giorni:

		5	10	15
Controllo		0,0452	0,1912	0,3500
mg.	0,10	0,0455	0,1930	0,3485
mg.	1	0,0460	0,1920	0,3470
mg.	10	0,0465	0,1910	0,3480
mg.	100	0,0420	0,1925	0,3510
mg.	500	0,0320	0,1200	0,3020

La produzione dell' CO_2 nelle prove eseguite non è stata molto diversa da quella prodotta nel controllo. Quindi l'ac. borico non ha influenzato tale attività e ciò è in armonia con i risultati ottenuti nella numerazione dei germi. Si nota che l' ac. borico nella concentrazione massima adoperata ha avuto lieve effetto deprimente.

Influenza dell' acido borico sul processo di ammonizzazione.

Per tale ricerca abbiamo operato determinando la quantità di ammoniaca formatasi dopo quattro giorni di coltura a 25° C. in 10 cc. di soluzione con 1,50 % di peptone inoculata con 5 cc. di stemperamento di una parte di terra in dieci di acqua. La prova fu eseguita in quadruplo e i dati riportati rappresentano la media della quantità di ammoniaca formata e riportata a litro di soluzione putrescibile.

gr. di NH^3 per litro di soluzione putrescibile

Controllo		0,2840	mg.	10	0,2860
mg.	0,10	0,2800	mg.	100	0,2840
mg.	1	0,2750	mg.	500	0,2100

Dai dati si rileva che i processi putrefattivi non sono stati stimolati dalla presenza del boro, tuttavia non sembra che siano stati neppure ostacolati. Nella concentrazione di mg. 500,00/1., l' ammoniaca prodotta è stata inferiore al controllo.

Influenza dell'acido borico sul processo di nitrificazione.

La misura del potere nitrificante è stabilità in base alla determinazione dei nitrati formatisi dopo 25 giorni di coltura a 25° C. in una soluzione di solfato ammonico in presenza di fosfato bipotassico e di carbonato di magnesio in cui è stato aggiunto 1 g. di terra.

I risultati ottenuti furono:

Acido nitrico per litro in gr.

Controllo		0,0820	mg.	10	0,1200
mg.	0,10	0,0880	mg.	100	0,0810
mg.	1	0,1260	mg.	500	0,0470

Si rileva, quindi, che in minime dosi l' acido borico influenza favorevolmente l' attività biochimica di nitrificazione mentre nella concentrazione di mg. 500,00 ostacola tale attività.

Influenza dell'acido borico sul processo di azoto-fissazione.

L'assimilazione dell' azoto è stata saggiata innestando in 250 cc. di soluzione di Beyerinck, 20 cc. di stemperamento a peso uguale di terreno e di acqua. L' azoto è stato determinato dopo 40 giorni col metodo Kjeldahl detraendo dai valori trovati le quantità contenute nel materiale di innesto.

Le quantità di azoto trovate sono riportate in grammi per litro di soluzione colturale.

Azoto per litro di coltura

Controllo		0,0732	mg.	10	0,0740
mg.	0,10	0,0745	mg.	100	0,0740
mg.	1	0,0730	mg.	500	0,0630

Dai dati desunti risulta che l' ac. borico non ha avuto azione sugli azotofissatori asimbionti.

È però da considerare che la coltura degli azotofissatori si fa in presenza di carbonato di calcio, il quale neutralizza l' acidità prodotta dalla mannite, e insolubilizza per tal via l' acido borico sotto forma di borato di calcio eliminandolo dalla soluzione.

Influenza dell' ac. borico sul processo di denitrificazione.

Il potere denitrificante è stato determinato in base alle ore necessarie alla completa scomparsa dei nitrati da 50 cc. di soluzione GILTAY.

Malgrado la scomparsa dei nitrati sia avvenuta in un tempo abbastanza lungo, tuttavia, siamo riusciti a valutare, con sufficiente approssimazione, il momento della completa scomparsa dell' acido nitrico.

Controllo	96
mg. 0,10	90
mg. 1	92
mg. 10	90
mg. 100	96
mg. 500	102

La ossidazione dei nitrati è stata favorita della presenza di piccole dosi di ac. borico ma non raggiunge valori considerevoli.

Potere di solubilizzazione dell'acido fosforico.

Tale esperienza si fece in triplo in bevute in cui furono messi 150 cc. di una soluzione formata da tartrato ammonico gr. 2, cloruro ferrico e sodico 0,2, solfato potassico e magnesiaco 0,2 e 1000 di acqua. In ogni bevuta fu aggiunto gr. 0,50 di fosfato tricalcico finamente suddiviso e 15 cc. dello stemperamento a parti uguali di terreno e acqua.

Due bevute furono lasciate per controllo e ad altre due furono aggiunte alcune gocce di cloroformio e tappate ermeticamente affine di valutare i fosfati solubilizzati per azione microbiochimica. Tutte furono messe in termostato a 25° e agitate spesso. Allo scadere del 10°, 20°, 30° giorno furono prelevati, mediante una pipetta, 100 cc. di soluzione filtrata e vi fu determinata la quantità di P_2O_5 passata in soluzione.

Nel prospetto seguente viene riportato in grammi l'acido fosforico disciolto da cui è stata sottratta la quantità trovata nelle bevute di controllo con cloroformio. Le cifre segnate si possono assumere come potere di solubilizzazione del terreno verso gli elementi minerali.

Concentraz. ac. borico	P_2O_5 solubilizzata dopo giorni		
	10	20	30
Controllo	0,0110	0,0210	0,0205
mg. 0,10	0,0110	0,0210	0,0205
mg. 1	0,0105	0,0208	0,0200
mg. 10	0,0120	0,0210	0,0207
mg. 100	0,0108	0,0200	0,0194
mg. 500	0,0115	0,0205	0,0197

La somministrazione di acido borico non ha nè favorito nè ostacolato la solubilizzazione del P_2O_5. Si nota al 30° giorno una rinsolubilizzazione da considerarsi un fatto normale, come è stato dimostrato da Perotti.

Conclusione

Studiata l'azione dell'acido borico sui microrganismi del terreno

è risultato che esso, nelle condizioni realizzate dalle ricerche, in linea di massima, in piccole dosi, non stimola la moltiplicazione dei microrganismi, non ha azione sugli ammonizzanti, nè sugli azotofissatori asimbionti, nè intensifica i processi respiratori e non stimola la solubilizzazione del fosfato tricalcico. Favorisce invece, sia pure in misura molto lieve, i processi di nitrificazione e di denitrificazione.

Dosi maggiori hanno inibito tutti i processi biologici.

II PARTE SPERIMENTALE

Influenza dell'acido borico sulla germinazione e sul primo sviluppo delle piantine di frumento.

Continuando le osservazioni degli effetti dell'acido borico sui vegetali, si è voluto provare, in una serie di esperienze, se tale elemento ha influenza sulla capacità germinativa e sullo sviluppo delle piantine del *Triticum vulgare.*

1ª Osservazione: *Germinazione e sviluppo delle piantine da semi trattati precedentemente con acido borico.*

In questa prima parte si volle seguire il concetto di analizzare gli effetti eventuali stimolando il seme con ac. borico. Tale sistema è già stato studiato e proposto dal Todaro, De Cillis, Fischer, Onodera, Prorusj, per gli acidi inorganici e organici, per ottenere una più rapida germinazione e un migliore sviluppo delle piantine. L'ac. borico è stato usato per la prima volta dall'Agulhon sia sui semi di Frumento che su quelli di Fagiuolo.

L'effetto utile della stimolazione dovrebbe essere ricercato nel risveglio dell'attività biochimica delle cellule dell'embrione e dell'endosperma che, sotto l'azione del sale, passebbero con maggiore rapidità dallo stato di riposo allo stato attivo.

Le dosi di ac. borico saggiate sono state molte, ma riportiamo

solo le esperienze fatte con mg. 1 a 200/l., in quanto dosi minori non sembrano avere nessuna azione, mentre quantità maggiori sono evidentemente tossiche.

I semi adoperati per le prove, furono di Frumento di diverse varietà; ma specialmente fermammo la nostra attenzione sul Mentana. Essi furono scelti, al fine di eliminare quelli lesionati che avrebbero alterate le nostre osservazioni; se ne determinò il potere germinativo che risultò del 99-100 % e furono quindi immersi per 12 ore nelle rispettive soluzioni boriche a diverso titolo e subito dopo messi a germinare. Per metterci nelle condizioni più vicine a quelle naturali si fece uso di vasi riempiti di quarzo, molto fine e fatto bollire precedentemente per più volte con HCl concentrato per disciogliere i sali eventualmente assorbibili dalle radici, su cui venivano versate eguali quantità di soluzione nutritiva:

KNO_3 gr. 0,57, $CaSO_4$ gr. 0,20, KH_2PO_4 gr. 0,14, $MgSO_4$ gr. 0,09, $FeCl_3$ gr. 0,03, H_2O gr. 1000

ed osservate tutte le norme utili al fine di avere un decorso normale della vegetazione secondo quanto è dettato nella "*Tecnica di Biologia Vegetale*„ del Perotti.

La soluzione nutritiva fu rinnovata ogni tre giorni, in quanto è questo il modo migliore per evitare la variazione del pH e la formazione di muffe e di alghe che alterano e ostacolano lo sviluppo delle piante lasciate crescere in soluzione, specialmente, come nel caso nostro, se i vasi debbono essere esposti alla luce.

Durante la prova non si ebbero a verificare fatti speciali che potessero influire sul processo germinativo; le prove furono eseguite in triplo e si assunsero come dati medi sol quando non si verificavano, tra i risultati, scarti superiori al 3 %, e fu considerato inizio della germinazione lo sviluppo deciso della radichetta.

Riportiamo i risultati delle prove, che particolarmente interessano, nella Tabella I.

Tabella I.

	Semi germinati dopo ore						totale	% Semi anormali	
	24	48	72	96	120	144		con deformaz. alla radice o plumola	mancanti di radice o di plumola
Controllo	56	74	86	92	100		100		
1° mg. 1/l.	56	75	85	92	100		100		
2° mg. 5/l.	61	72	84	91	100		100		
3° mg. 10/l.	60	82	98	100			100		
4° mg. 50/l.	74	86	98	100			100		
5° mg. 100/l.	54	72	86	90	94	100	100	4	6
6° mg. 200/l.	38	42	50	54	60	68	76	4	8

Dall'esame dei dati si rileva che le dosi di acido borico tra 10-50 mg./l. hanno alquanto stimolato la germinazione; a partire da tale punto, per dosi maggiori di ac. borico, si è notata una certa difficoltà germinativa che si traduce in un ritardo della emissione del coleoptile, tuttavia i semi riprendevano, in un secondo tempo, il loro normale sviluppo. Per dosi ancora maggiori, al ritardo si univa, qualche volta, lo sviluppo della radichetta contorta: non tutti i semi germinavano, e se alcuni di essi riuscivano a muovere i tessuti embrionali fino a mostrare un principio di germinazione, in un secondo tempo lo sviluppo veniva arrestato come conseguenza della perdita di vitalità del seme.

Abbiamo notato che non tutte le varietà di Frumento si comportano ugualmente, pur seguendo lo stesso andamento germinativo, cioè, alcune erano più sollecite, altre richiedevano più tempo. Tale fatto però non modifica i risultati generali; le variazioni di resistenza trovano una chiara interpretazione genetica. È la diversa resistenza del tegumento che protegge il germe e la posizione di questo, se non anche la diversa permeabilità dei tessuti che differenziano le

azioni, come del resto rilevano anche JMYELSON, LASAY, GASPERINI, sperimentando il solfato di rame sulla germinazione.

Per ciò che riguarda lo sviluppo delle piantine dai semi trattati con ac. borico la crescita procedè normalmente senza che cause particolari influenzassero o turbassero le prove.

I vasi furono messi in luogo riscaldato a circa 15°, e al principio dell'esperienza non furono esposti ad illuminazione troppo intensa, però dopo lo sviluppo delle piantine si curò di esporli spesso all' aria libera.

Al 40° giorno di coltura si interruppero le prove, essendosi già raggiunto lo scopo prefissoci e anche perchè le osservazioni sulle piante adulte era opportuno di eseguirle a parte in vasi più ampi. La Tab. II sintetizza i dati raccolti che maggiormente interessano.

Non si rilevarono differenze tra i controlli e i semi trattati con 1-5 mg./l. di ac. borico, mentre quelli della concentrazione di 10 e 50 mg./l. diedero origine a piantine con un migliore apparato radicale, in media più lungo e anche più abbondante, mentre, nella parte area, non si ebbe a riscontrare nulla di particolare.

Tale fatto, corredato dai dati esposti, è però di lieve valore, tuttavia controllabile: e quindi la dose 10-50 mg./l. di ac. borico viene assunto come limite massimo per l'azione stimolante. Infatti, le piantine dei semi trattati con dosi maggiori hanno mostrato di essere intossicate per eccesso, presentando radici più corte e spesso contorte e aggrovigliate, foglie di colore meno verde e parte aerea meno sviluppata. Nulla di notevole si potè rilevare circa la carenza di boro nelle piantine allevate senza questo elemento.

		al 20° giorno		al 48° giorno	
		sviluppo mm.	peso secco centgr.	sviluppo mm.	peso secco centgr.
1° Controllo	parte aerea . .	98		182	
	radici	86		164	
	totale		4,20		9,30
2° mg. 1/1	parte aerea . .	98		180	
	radici	86		168	
	totale		4,20		9,40
3° mg. 5/1	parte aerea . .	98		182	
	radici	84		166	
	totale		4,10		9,30
4° mg. 10/1	parte aerea . .	98		180	
	radici	96		188	
	totale		4,30		9,60
5° mg. 50/1	parte aerea . .	98		184	
	radici	98		196	
	totale		4,40		9,50
6° mg. 100/1	parte aerea . .	80		170	
	radici	81		161	
	totale		4,00		9,10

2ª Osservazione: *Germinazione e accrescimento delle piantine in presenza di acido borico.*

In questa seconda parte si è cercato di valutare l'azione dell'acido borico sciogliendolo nelle soluzioni nutritive in modo che i semi prima e le piantine poi si trovassero in continuo contatto con la sostanza.

Anche in questo caso si fece uso, come nella precedente esperienza, di eguale dispositivo, e precisamente di vasi cilindrici pieni di sabbia quarzosa, della stessa soluzione nutritiva e di eguali accorgimenti.

Le prove furono eseguite in triplo: tre furono lasciate per controllo, tre vennero irrorate con soluzione nutritiva contenente 1 mg./l. di ac. borico, altre ugualmente irrorate con soluzione contenente

5 mg./l., altre con 25 e altre tre con 50 mg/l.. Anche per queste prove si scelsero le concentrazioni dopo vari saggi di orientamento. Nulla di anormale venne a turbare la germinazione dei semi e lo sviluppo delle piantine.

Riportiamo nella Tab. III i valori tratti durante la germinazione.

Tabella III.

	Germinazione dopo ore						totale	% Semi anormali	
	24	48	72	96	120	144		con deformaz. alla radice o plumola	mancanti di radice o di plumola
1 Controllo	48	62	80	98	100		100		
2 mg. 1/l.	50	61	78	97	100		100		
3 mg. 5/l.	46	64	88	100			100		
4 mg. 10/l.	50	68	88	100			100		
5 mg. 25/l.	42	58	76	84	88	100	100	2	4
6 mg. 50/l.	42	52	68	76	86	89	97	3	5

Da questi dati si rileva che i semi risentono stimolo dalla presenza di piccole dosi di ac. borico mentre dosi maggiori ostacolano in modo evidente la loro germinazione; ciò è in armonia a quanto era stato rilevato nelle prime osservazioni.

Lo sviluppo delle piantine procedette normalmente, e le prime differenze si incominciarono a notare in quei vasi in cui l'ac. borico era nella concentrazione massima con stentato sviluppo sia nella parte aerea che nelle radici. Dopo una quindicina di giorni i vasi con mg. 10 25 di ac. borico mostrarono piantine alquanto più verdi, mentre lo sviluppo radicale ed aereo si mantenne circa come nel controllo.

Riportiamo in sintesi nella Tab. IV i rilievi fatti.

Tabella IV.

		al 20° giorno		al 48° giorno	
		sviluppo mm.	peso secco centgr.	sviluppo mm.	peso secco centgr.
1° Controllo	parte aerea . .	84		166	
	radici	82		143	
	totale		3,50		8,20
2° mg. 1/1	parte aerea . .	84		160	
	radici	84		148	
	totale		3,50		8,20
3° mg. 5/1	parte aerea . .	86		164	
	radici	82		148	
	totale		3,60		8,30
4° mg. 10/1	parte aerea . .	84		162	
	radici	84		148	
	totale		3,60		8,20
5° mg. 25/1	parte aerea . .	84		168	
	radici	86		140	
	totale		3,60		8,20
6° mg. 50/1	parte aerea . .	72		146	
	radici	53		112	
	totale		3,80		8,00

Da queste prove non risulta nettamente né la necessità di boro nelle piantine in esperimento, né la dose di stimolo che dovrebbe precedere quella tossica. Tuttavia la lieve differenza di colore deve essere interpretata come azione favorevole del boro verso le piantine in esperimento; si tratta sempre di lievissime differenze apprezzabili soltanto dopo ripetute osservazioni. Forse le prove furono interrotte troppo presto, cioè prima che un' azione decisamente favorevole si fosse dimostrata.

3ª Osservazione: *Azione dell'acido borico somministrato a piantine adulte.*

Con questa esperienza si è voluto determinare l' eventuale azione stimolante dell' ac. borico somministrato a piante già adulte.

L'azione che il boro dovrebbe esercitare sulle piantine in svi-

luppo andrebbe ricercata nelle modificazioni dell' attività biochimica delle cellule come stimolo ad accelerazione dei fenomeni.

Le prove si eseguirono con gli stessi dispositivi descritti in precedenza: vasi cilindrici ripieni di sabbia quarzosa bollita con HCl, e di uguale soluzione nutritiva. Quando le piantine ebbero raggiunto l'altezza di circa 10 cm. e, cioè, dopo una ventina di giorni, si provvide, con le stesse modalità e contemporaneamente ad aggiungere nei vasi rispettivamente soluzioni nutritive contenenti:

mg. 1, mg. 5, mg. 10, mg. 25, mg. 50, di ac. borico per litro.

Dopo 20 giorni si rilevarono i dati riportati nella tabella V.

Tabella V

			al 20° giorno		al 40° giorno	
			sviluppo mm.	peso secco centgr.	sviluppo mm.	peso secco centgr.
1	Controllo	parte aerea	158		215	
		radici	145		215	
		totale		7,80		9,60
2	mg. 1/1	parte aerea	155		215	
		radici	150		220	
		totale		7,80		9,60
3	mg. 5/1	parte aerea	160		220	
		radici	145		215	
		totale		7,90		9,70
4	mg. 10/1	parte aerea	172		225	
		radici	186		234	
		totale		8,10		9,80
5	mg. 25/1	parte aerea	170		228	
		radici	185		235	
		totale		8,10		9,80
6	mg. 50/1	parte aerea	140		204	
		radici	135		187	
		totale		7,50		9,10

Anche in queste prove si riscontrò, come nelle precedenti, che i vasi ai quali erano stati somministrati mg. 10-25 di ac. borico risultarono più vegeti, sia pure in misura molto lieve, rispetto al controllo.

Per quanto riguarda l'accrescimento degli organi epi- ed ipogei si rilevò che questi ultimi risentirono più beneficio della parte aerea, con aumento anche della sostanza secca. Le dosi maggiori di ac. borico si mostrarono tossiche con ingiallimento delle foglie e arresto di sviluppo.

4ª Osservazione: *Attività enzimatica nei semi in germinazione trattati con acido borico.*

In questa ricerca si vollero seguire le metamorfosi subite dalle sostanze di riserva dei semi: zuccheri, sostanze grasse e sostanze proteiche.

SCHULZE e Collaboratori e in seguito ANDRÉ, PRIANISCHNIKOW hanno illustrato in modo soddisfacente i vari processi idrolitici che si verificano nei semi germinanti; ma fino ad ora queste reazioni non sono state utilizzate per valutare l'azione delle sostanze stimolanti e per interpretarne l'azione.

Dapprima, quindi, eseguimmo ripetuti saggi per accertarci se i valori che si ottenevano potessero essere comparabili e solo quando rilevammo che ciò era possibile istituimmo le esperienze che qui sono riportate.

Furono pesati esattamente circa 100 gr. di semi per ogni prova (complessivamente 36 prove) e messi a germinare in soluzioni contenenti rispettivamente 10 mg./l. e 100 mg./l. di ac. borico.

Queste dosi erano quelle che nelle precedenti prove si erano mostrate stimolanti e tossiche.

Le prove furono fatte in triplo e furono lasciati tre gruppi di semi per controllo, facendo uso per essi di sola acqua distillata.

Al 4°, 8° e 12° giorno si provvide a determinare separatamente per ogni prova la sostanza secca, gli zuccheri, la materia grassa e l'azoto solubile. Cioè, al 4° giorno, nelle prime tre prove si determinò soltanto la sostanza secca e si assunse come valore la media; nelle altre tre, i grassi, e nelle ultime tre, l'azoto solubile, assumen-

do sempre come valore la media che veniva poi riportata a 100 parti di seme. All' 8° e 12° giorno furono analizzati con lo stesso criterio i semi delle altre prove.

Risultano dalla tab. VI, in modo evidente, le trasformazioni che subiscono le sostanze di riserva del seme durante il periodo germinativo.

Tabella VI

		Residuo secco gr.	Zuccheri riduttori gr.	Grasso gr.	Azoto solubile gr.
All' inizio		87,20	0,22	1,58	0,0021
al 4° giorno	senza acido borico	81,68	6,18	1,40	0,0440
	con mg. 10/l. di ac. bor.	81,54	7,15	1,26	0,0435
	con mg. 100/l. di ac. bor.	80,19	5,28	1,48	0,2160
al l'8° giorno	senza acido borico	72,45	18,25	0,89	0,764
	con mg. 10/l. di ac. bor.	72,16	19,10	0,76	0,764
	con mg. 110/l. di ac. bor.	76,10	16,12	0,96	0,612
al 12° giorno	senza acido borico	58,60	6,20	0,28	0,210
	con mg. 10/l. di ac. bor.	58,46	6,18	0,20	0,215
	con mg. 110/l. di ac. bor.	61,14	10,15	0,84	0,415

La diminuzione di sostanza secca è dovuta all'attività respiratoria dei semi, per cui possiamo rilevare dai valori trovati che la respirazione dei semi trattati con dosi stimolanti di ac. borico è lievemente migliorata rispetto ai semi non trattati, mentre il potere respiratorio nei semi trattati con soluzione tossica è alquanto inibito.

I valori riguardanti la solubilizzazione dell'azoto possono essere assunti come indici delle trasformazioni enzimatiche che particolarmente interessano il protoplasma e quindi la vitalità del seme stesso.

Dunque possiamo dedurre, come per le prove precedenti, che la dose di 10 mg./l. di ac. borico o non esplica alcuna azione acceleratrice, o l'azione rientra nel limite dell'errore analitico e non può met-

tersi in evidenza. Invece, la dose tossica ha dimostrato di ritardare la trasformazione dei composti azotati.

I valori riguardanti l'idrolisi dei carboidrati complessi e dei grassi, per quanto legati al potere respiratorio, ci danno complessivamente la misura delle attività enzimatiche idrolitiche durante il periodo di germinazione.

Dai risultati ottenuti appare lievemente migliorata l'attività solubilizzatrice nei semi trattati con dose stimolante di ac. borico, rispetto al controllo, mentre tale azione è inibita nei semi che erano stati trattati con dose tossica.

Dai dati rilevati, in definitiva, appare che la dose stimolante di ac. borico favorisce i processi enzimatici di solubilizzazione dei carboidrati e dei grassi, accelera il potere respiratorio e non inibisce i processi protoplasmatici.

Conclusioni

Si è studiata l'azione dall'acido borico, sia sulla germinazione dei semi che sul primo sviluppo delle piantine di frumento, impiegandolo in modi diversi.

Dopo ripetuti saggi, in base ai risultati ottenuti, si perviene alla conclusione che, almeno per il Frumento, mentre è molto dubbio se possa parlarsi di carenza di boro, è evidente un'azione stimolante e tossica di questo composto.

L'azione stimolante è minima, tuttavia controllabile sia nella germinazione dei semi che nel colore delle foglie, nella misura della lunghezza degli organi ipo- ed epigei e del peso secco delle piantine che hanno avuto trattamenti lievi di ac. borico.

L'azione nociva è invece più evidente sia nella germinazione del seme che nel ritardo di sviluppo e nella stentata vegetazione delle piante.

III PARTE SPERIMENTALE

L'acido borico usato come fertilizzante del frumento.

Nell'anno 1936-37 si istituì un primo lotto di parcelle per

osservare in pieno campo l'azione dell'ac. borico sul Frumento. I risultati furono tratti soltanto al fine di avere una linea di orientamento per le prove da ripetersi nell' anno successivo 1937-38. E così si poterono scartare quei saggi che non ebbero risultati concreti, determinare con sufficiente approssimazione le dosi di ac. borico più attive e stabilire la più sicura manualità.

La varietà di frumento coltivata è stata il Mentana e il campo di orientamento venne impiantato in un appezzamento la cui terra presentava la composizione chimica, il numero di microrganismi e l'attività microbiochimica riportata nella prima parte della presente Nota.

Il terreno è in piano, fresco, permeabile, povero di calce (0,90%) e con un'acidità attuale 6,8.

Nel momento opportuno vi furono praticate le lavorazioni usuali e, prima dei lavori di affinamento, si procedette alla concimazione: trattandosi di appezzamento nel quale l' anno precedente era stato coltivato prato di leguminosa, si ritenne opportuno di limitare a Q.li 2,5 a Ha. la quantità complessiva di concime azotato. Alla semina furono interrati, in ragione di ettaro: $NaNO_3$: q.li 0,5; K_2SO_4: q.li 2; perfosfato: q.li 8.

L'appezzamento, disposto con orientamento sud-ovest, venne diviso in aiuole di eguale superficie, separate da solchi. Il 2 dicembre si provvide alla semina, spargendo a mano, in modo uniforme, in solchi distanti fra loro cm. 20, grano, previamente preparato, in ragione di Kg. 200 per Ha.

Le parcelle, distinte da numeri progressivi, furono complessivamente otto e propriamente:

1ª e 2ª parcella: controlli. Queste parcelle furono seminate con grano che non aveva subito alcun trattamento, e non fu somministrato ac. borico al terreno.

2ª e 6ª parcella: Furono seminate con cariossidi immerse per sei ore in una soluzione contenente 500 mg./l. di ac. borico, poi lavate con acqua pura, asciugate con carta bibula e subito affidate al terreno.

3ª e 7ª parcella: furono seminate con grano senza alcun trattamento; però, subito dopo la semina, si provvide a spargervi mg./m² 1000 di ac. borico mescolato a sabbia per renderlo facilmente distribuibile

4ª e 8ª parcella: furono seminate con grano senza alcun trattamento; però il 28 febbraio, cioè quando le piantine avevano raggiunto l'altezza di circa 30 cm., fu sparso sul terreno mg./m² 1000 di ac. borico mescolato a sabbia.

Queste sono le stesse prove che, nel campo di orientamento istituito nell'anno precedente, si mostrarono di qualche interesse e quindi, a nostro avviso, meritevoli di essere ripetute.

L'anno 1937-38 fu caratterizzato da un' ondata di freddo che ritardò la germinazione del grano in tutta la Valdinievole sì che non si notò, nelle varie parcelle, differenza apprezzabile, riguardante un anticipo o un ritardo del risveglio del seme, mentre l' anno precedente il grano trattato con acido borico si mostrò più sollecito nel germogliare rispetto all'altro non trattato.

La nascita delle piantine, come nello specchio allegato, ebbe luogo contemporaneamente e regolarmente. Allo spuntare della terza foglia furono iniziate le nitratazioni invernali, spargendo per tre volte, all'intervallo di 10 giorni, dal 15 gennaio al 5 febbraio, q.li 2 per ha. di $Ca(NO_3)_2$ e furono anche eseguite due sarchiature per rompere la crosta formatasi alla superficie del terreno e per tener pulite, dalle erbe infestanti, le varie aiuole.

Nell'ultimo stadio di sviluppo del Frumento si ebbe un lungo periodo di siccità che sembrò dovesse compromettere il raccolto della zona. Però il nostro campo non ebbe a soffrire, trovandosi in un appezzamento fresco.

Null'altro è da segnalare sull'andamento climatico dell'annata.

Anche le fasi vegetative si svolsero all' incirca nello stesso periodo che negli scorsi anni e il 9 luglio fu eseguita la mietitura in tutte le parcelle non notandosi differenza di maturazione in esse.

Riportiamo l'epoca in cui caddero le varie fasi vegetative e che fu la stessa per tutte le parcelle:

germinazione completa — 15 dicembre
accestimento: inizio — 20 gennaio
fine — 25 marzo.
spigatura: botticella — 24 aprile
inizio — 5 maggio
fine — 15 maggio
fioritura: inizio — 20 maggio
fine — 10 giugno
maturazione: cerea — 18 giugno
completa — 2 luglio

Per ciò che concerne lo sviluppo di malattie non si ebbero che deboli attacchi parassitari.

La *Puccinia glumarum* infestò, nei primi di maggio, lievemente le foglie e specialmente nelle parcelle 3 e 7, mentre si ebbe un sensibile attacco di *Septoria nodorum*, nello stesso mese, in tutte le parcelle.

Leggerissimi, e quasi di nessun conto, furono le infezioni di *Oidium monilioides* nella terza decade d'aprile e di poco rilievo gli attacchi di "Mal del piede" nelle parcelle di controllo.

Riportiamo i valori ottenuti dopo la trebbiatura, riferiti ad un ettaro di terreno, e i peculiari caratteri delle cariossidi.

Parcelle	Prodotto a Ha in Q.li		Peso specifico	Chicchi per Kg.	Mater. secca per Kg.	Frattura	Carattere del glutine	Sostanza azotata in un Kg.
	Granella	Paglia e pula						
1–5	32,40	58,40	79,12	23.840	86,10	Farinosa	Ottimo	13,48
2–6	33,80	59,10	79,12	23.970	85,90			13,42
3–7	33,10	59,00	79,92	24.020	87,20			13,47
4–8	33,10	58,90	79,18	23.810	86,10			13,48

Da queste ricerche si può rilevare quanto appresso:

1) l'acido borico, usato nella proporzione e con le modalità riportate, incrementa la produzione.

2) migliore risultato si è ottenuto trattando i semi direttamente con ac. borico, avendo prodotto q. 1,400/Ha. in più, rispetto al controllo.

3) l'aumento di raccolto ottenuto dalle parcelle 3-7 e 4-8, nelle quali l'ac. borico fu impiegato spargendolo direttamente sul campo, conferma che esso influisce sulla produzione, però in misura minore in quanto l'incremento è stato soltanto di q. 0,700.

4) non si può concludere con sufficiente esattezza se l'ac. borico influisce anche sulla resistenza delle piante di grano agli attacchi parassitari.

5) per quanto riguarda i caratteri dei semi, prodotti nelle varie parcelle, facciamo subito presente che non si è rilevata alcuna sostanziale differenza fra di essi. Tuttavia non deve trascurarsi che i semi delle parcelle 3-7 sono risultati alquanto migliori sia per peso specifico che per quantità di materia secca; perciò dobbiamo ritenere che l'ac. borico influisce anche sulla qualità del raccolto. Se eguali caratteri differenziali non sono palesi tra i controlli ed i semi provenienti dalle altre parcelle con ac. borico ciò non toglie che una qualche leggera azione possa esservi stata.

Gli incrementi ottenuti da questo campo sperimentale hanno confermato quanto si ebbe a rilevare l'anno precedente nel campo di orientamento.

*
* *

Al termine di tutte le ricerche eseguite ci sembra esatta l'affermazione teorica di una reale influenza dell'acido borico sulla vita vegetale, poichè esso agisce sia su alcuni microrganismi del terreno sia sulla germinazione, lo sviluppo e la resa del Frumento. Le graduali ricerche eseguite in quattro anni non soltanto hanno avuto lo scopo di rivelare una positiva azione dell'acido borico, ma anche

hanno spinto a fare rilievi ed ipotesi sul meccanismo dell' azione stessa. Si è venuta così formando la convinzione che se resta dubbio che il boro sia, o non, un elemento indispensabile per le piante, è tuttavia palese l'attitudine di esso a modificare l' attività funzionale dei vegetali.

Non si vuole perciò polemizzare con i fautori della teoria di carenza di boro; poichè, data la diffusione di questo elemento nel terreno e nelle piante, come mettono in luce gli studi di non pochi Autori specialmente francesi, è più logico ritenerlo un elemento indispensabile alla vita, anzichè non. E se non si è rilevata differenza alcuna fra grani allevati con aggiunta o meno di boro al terreno, ciò non toglie che il mezzo o il seme ne possedessero a sufficienza per il primo stadio di vegetazione.

Ma è la fase di stimolo che precede sempre la tossicità che fa escludere che esso sia da considerarsi un elemento di nutrizione al pari del fosforo, del potassio, dello zolfo ed altri.

Innanzi tutto risulta troppo vicina la dose di stimolo a quella dell'azione deprimente: di più si è ripetutamente osservato che la conseguenza utile è sempre ai margini di un'azione tossica, se non proprio all'inizio di qualche fatto alterativo.

Ne deriva pertanto la già accennata convinzione che l'ac. borico debba essere ritenuto un veleno per le piante: adoperato, tuttavia, con particolari accorgimenti e in dosi appropriate non può non contribuire ad utili modificazioni del loro chimismo cellulare.

Pisa, Facoltà di Agraria della R. Università
Laboratorio di Patologia Vegetale e Microbiologia agraria e tecnica

(Presentata il 19 aprile 1939 - XVII)

Riferimenti Bibliografici

1 – Agulhon H. — *Recherches sur la présence et la rôle du bore chez les végétaux.* Thèse, Paris, Laval L. Baruòn d et C. Impr. 1910.

2 – — — *Emploi du bore comme engrais catalytique.* Fth. Internat. Cong. App. Chem. Lect. VII Agr. Chem. 1910.

3 – — — *Emploi du bore comme engrais catalytique.* Comp. Rend., **150**, *288*, 1910.

4 – — — *Présence et utilité du bore chez les végétaux.* Annales Inst. Pasteur, **24**, *321*, 1910.

5 – — *Accoutumance du mais au bore.* Comp. Rend., **151**, *1382*, 1910.

6 – Andrè — *Chimie végétale.* 1924.

7 – Bechi E. — *Sur la présence de l'acide borique dans les végétaux.* Bull. Soc. Chem. Paris, **3**, *122*, 1890.

8 – — — *I soffioni boraciferi di Travate.* Atti Acc. Georg. Firenze, 1867

9 – — — *Intorno alla diffusione dell'acido borico.* Atti R. Acc. Georg. Firenze, **14**, *240*, 1891.

10 – — — *Cosa fa l'acido borico sulla vegetazione.* Saggi ed esperienze agrarie, **8**, *410*. Casa ed. Lemonnier. Firenze, 1884.

11 – — — *Sulla virtù dell'acido borico di sciogliere i fosfati e renderli assimilabili.* Atti R. Acc. Georg., **14**, 1891.

12 – Brandenburg E. — *Die Herz-und Trockenfäule der Ruben des Bormangel — Erscheinung.* Fhytopath. Zeitschr, **3**, *495*, 1931.

13 – — — *Die Herz-und Trockenfäule der Ruben, Ursache und Bekamp fung.* Angew. Bot. **14**, *194*, 1932.

14 – Brenchley W. E. — *Inorganic plant poisons and stimulants.* Cambridge 1914.

15 – Brenchley e Thomton H. G. — *The relation between the developpement and functioning of the nodules of Vicia faba, influenced by the presence od absence of boron in the nutrient medium.* Proc. Roy. Soc. London B. **98**, *370*, 1925.

16 – Brenchley e Warington K. — *The role of boron in plant growth.* Ann. of Boll. **41**, *167*, 1926.

17 – Collings G. H. — *The influence of boron in the growth of the Soybean plant.* Soil Science, **23**, 1927.

18 – Conner S. D. — *The injiurous effect of the borax in fertilizers on corn.* Proc. Ind. Acad. Sci., **195**, 1917.

19 - CONNER S. a. D. FERGUS E. N. — *Borax in fertilizers.* Pardue Univ. Agr. Expt. Sta. Bull., **209**, 1920.

20 - D'ANCONA C. — Ann. Tecn. Agr., **10**, *228*, 1937.

21 - EATON F. M. — *The effect of boron powdery mildew and spot blots on hartey.* Phytopath., **20**, *367*, 1930.

22 - — — *Requirements of boron in cotton colture.* Soil Science act., **34**, 1932.

23 - GALLI P. — *Ricerche intorno all'azione dell'acido borico e del borato sodico su alcune piante erbacee coltivate e specialmente intorno ad una sua eventuale azione catalitica.* Boll. R. Ist. Sup. Agr. di Pisa, **151**, 1925.

24 - — — *Secondo contributo allo studio dell'azione dell'acido borico.* Boll. R. Ist. Sup. Agr. di Pisa, 1926.

25 - GILBERT a. PEMBER — *The sensitivity of Trifolium pretence to small amounts of boron and manganese.* Plant Physionl., **6**, *227*, 1931.

26 - HAAS A. R. C. — *Effect of boron on growth of citrus.* California Citrograph, **14**, *355*, 1929.

27 - — — *Toxic effect of boron on fruit trees.* Bot. Gaz. **83**, *113*, 1929.

28 - — — *Boron as in essential element for healtthy growth of citrus.* Bot. Gaz., **89**, *410*, 1930.

29 - HOTTER E. — *Ueber das Vorkommen des Bors in Pflanzenreich und denen physiologische Bedeutung.* Die landw. Versuchs-Stationen. **37**, *437*-1890.

30 - KAUFMANN O. — *Die Verwendung von Bor zur Bekämpfung der Herz-und Trockenfäule der Ruben.* Die Deutsche Zuckerindustrie, Berlin, 1934.

31 - JOHNSTON E. S. a. DORE W. H. — *The relation of boron to the tomato plant.* Science N. S. **67**, *324*, 1928.

32 - JOHNSTON E. S. a. DORE W. H. — *The influence of boron on the chemical composition of the tomato plant.* Plant Phys., **4**, *31*, 1929.

33 - JOHNSTON E. S. a. FISCHER P. — *The essential nature of boron to the growth and fruiting of the tomato.* Plant Phys., **3**, *387*, 1930.

34 - LUCHETTI G. — *Ricerche sui terreni della zona boracifera di Lardarello. I e II.* Boll. della Facoltà di Agraria, R. Univ. Pisa, **14**, *191*, 1933.

35 - MAC HARGUE I. S. a. COLFER R. K. — *Effect of boron in the growh of lettuce.* Plant Phys., **7**, *161*, 1932.

36 - MAC HARGUE I. S. a. COLFER R. K. — *Further evidence that boron is essential for the growth of lettuce.* Plant Phys., **6**, *305*, 1933.

37 - Mac Murtrey J. E. — *The effect of boron deficiency of the growth of to. bacco plants in created solutions.* Journ. Agr. Res. **38**, *371*. 1929,

38 - Mazè P. — *Influences respectives des elementes de la solution minerale sur le developpement du mais.* Ann. Ist. Pasteur, **28**, *21*, 1914.

39 - Morel F. — *Action de l'acide borique sur la germination.* Comp. Rend. Acad. Sc. Paris, **114**, *131*, 1792.

40 - Morris H. S. - *Phisiological effect of boron on wheat.* Bull. Torrey Bot. Club. **58**, *1*, 1931.

41 - Munerati O. - Citato da Barbieri: "*Sui concimi stimolanti*„. Italia Agricola, 1929.

42 - Munerati O., Mezzadroli G. e Zapparoli T. V. — *Influenza di alcune sostanze oligodinamiche e di altre poco usate sullo sviluppo della Barbabietola da zucchero. Gli errori sperimentali.* Staz. Sper. Agr. Ital., **46**, *486*, 1913.
Vedere anche Menozzi A. - *Concimi catalitici? Studi e ricerche del Laboratorio di chimica agraria della Sc. Sup. di Agr. di Milano*, *5*, 1914.

43 - Nakamura M. — *Can boric acid in high diluition exert a stimulation on plant?* Centr. f. Agric. Chem., **5**, *33*, 1903-1904.

44 - Peligot E. — *De l'action que l'acide borique et les borates exercent sur le végétaux.* Compt. Rend., **83**, *686*, 1876.

45 - Schmucker — *Giornale di Chim. ind. ed applic.*, **4**, 1934.

46 - Sommer A. L. e Lipmann C. B. — *Evidence of the indispensable nature of time and boron for higher green plants.* Plants Phys., **1**, *231*, 1926.

47 - Swanback T. R. — *The effect of boric acid on the growth tobacco plants in nutrient solution.* Massachusetts Agricultural College Plants Phys., **2**, *475*, 1927.

48 - Verona O. e Suriani L. - *L'alimentazione minerale dei vegetali in rapporto al loro stato di sanità.* Boll. Fac. Agr. della R. Univ. Pisa **13**, 1937.

49 - Warington R. — *The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants.* Ann. Bot., **37**; 1923.

50 - — — *The changes inducet in the anatomical structure of Vicia faba by the absence of boron from the nutrient solution.* Ann. of Bot., **49**, 1926.